

Diffraktiv optische Elemente für künstlerische und darstellende Anwendungen

Thomas Kusserow, Benjamin Schiel, Hartmut Hillmer

Institut für Nanostrukturtechnologie und Analytik (INA) und CINSaT, Universität Kassel

[mailto: kusserow@ina.uni-kassel.de](mailto:kusserow@ina.uni-kassel.de)

Wir stellen diffraktiv optische Elemente für großflächige Anwendungen im darstellenden und künstlerischen Bereich vor. Gitterstrukturen wurden entworfen und ein Herstellungsprozess, basierend auf Nanoimprinttechnologie, der hochauflösende Gitter kostengünstig vervielfältigt, entwickelt. Erste Ergebnisse zeigen die gewünschte flächige Darstellung.

1 Einführung

Beugungsoptische Strukturen bieten die Möglichkeit Licht in Spektralfarben zu zerlegen und die Ausbreitung gezielt zu formen. Großflächig erzeugte Strukturen mit diesen Eigenschaften bieten Möglichkeiten für beeindruckende Lichtinstallationen und flächige Darstellungen. Durch die winkelabhängige Farbzerlegung können weitere Effekte in der Wiedergabe genutzt werden und sogar eine aktive Steuerung durch MEMS-Aktuierung ist für vergleichbare Anwendungen bereits gezeigt worden [1].

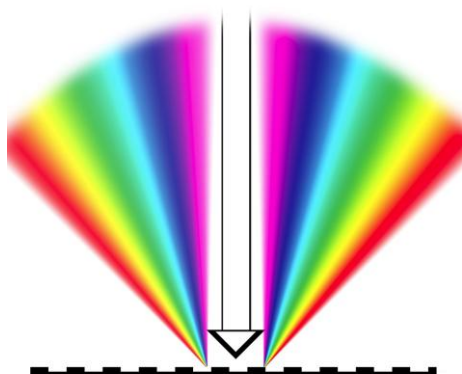


Abb. 1: Spektrale Farbzerlegung durch Beugung an einem Oberflächen-Gitter.

Optische Beugungsgitter wurden in Form von holographisch optischen Elementen [2,3] oder auch als Subwellenlängengitter [4] für Farbdarstellungen vorgestellt und eingesetzt. Wir präsentieren hier diffraktiv optische Elemente (DOE) und eine kostengünstige Methode für die großflächige Herstellung basierend auf der Nanoimprinttechnologie.

2 Entwurf der DOE

Bei der Entwurfsarbeit der farbigen DOE sind von uns zwei unterschiedliche Aspekte berücksichtigt worden. Die Zerlegung des Lichts in Spektralfarben erfolgt durch ein einfaches Oberflächen-Gitter mit Rechteckprofil. Da die optischen Eigenschaften durch Skalierung der Gitterkonstante im Spektral-

bereich verschoben werden kann, sind verschiedene Farbeindrücke für eine festgelegte Beleuchtungs- und Beobachterposition somit frei wählbar. Der flächige Eindruck der DOE bei Beleuchtung mit z.B. einer Punktlichtquelle wird durch seitliche Aufweitung des gebeugten Lichts erreicht. Hierzu wurde eine DOE Zylinderlinse verwendet, die aus der Fresnell'schen Zonenplatte abgeleitet ist. Das so entstandene 2D Beugungsgitter ist in Abbildung 2 dargestellt.

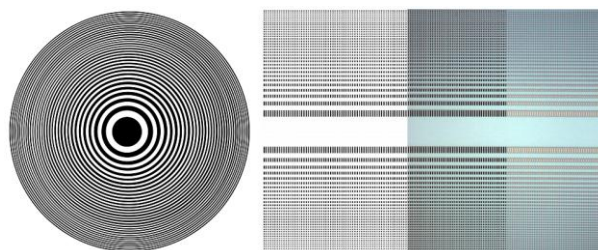


Abb. 2: Erweiterung des Beugungsgitters mit einer diffraktiven Zylinderlinse, abgeleitete aus der Zonenplattenkonstruktion.

3 Herstellungsprozess

Um eine kostengünstige und großflächige Herstellung der DOE Strukturen zu ermöglichen, wird von uns Nanoimprinttechnologie eingesetzt.

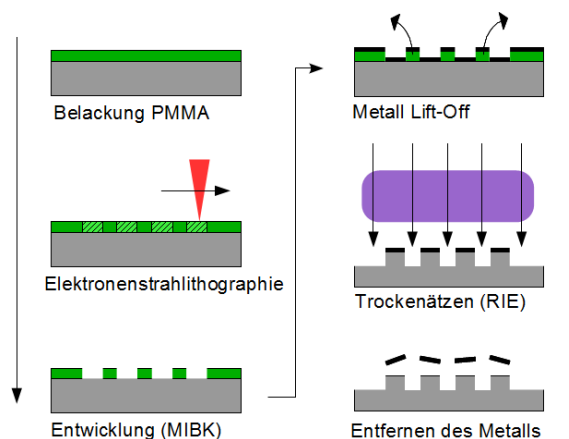


Abb. 3: Herstellungsprozess des Nanoimprintstempels mittels Elektronenstrahl-Lithographie.

Die hochauflösenden Beugungsgitter werden hierbei einmalig mit Hilfe von Elektronenstrahlolithographie auf einem Substrat erstellt (Abbildung 3). Nachfolgend wird dieser Masterstempel zur Erzeugung weiterer Stempel abgeformt mit denen die Vervielfältigung auf ein gewünschtes Objekt erfolgen kann.

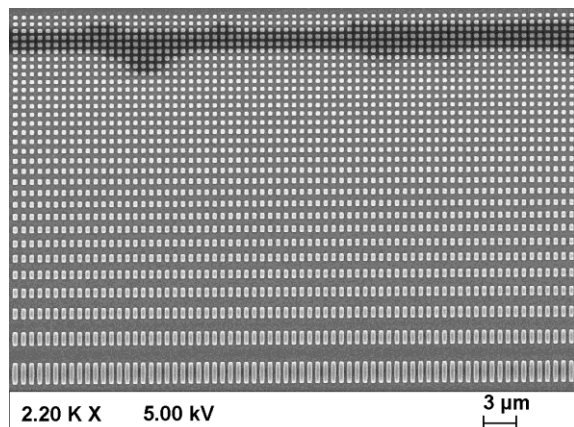


Abb. 4: REM Aufnahme eines Details der hergestellten diffraktiven Struktur auf einem Nanoimprintstempel.

Die Struktur eines Masterstempels ist in Abbildung 4 dargestellt. Das eingesetzte Nanoimprintverfahren SCIL [5] verwendet weiche Stempelmateriale, die sich den Oberflächenprofilen eines zu strukturierenden Objekts anpassen können. Hierdurch wird auch für großflächige Abformungen eine sehr hohe Qualität mit Auflösung im sub-100 nm Bereich erreicht. Ein exemplarisches Ergebnis der abgeformten DOE Struktur ist in Abbildung 5 gezeigt.

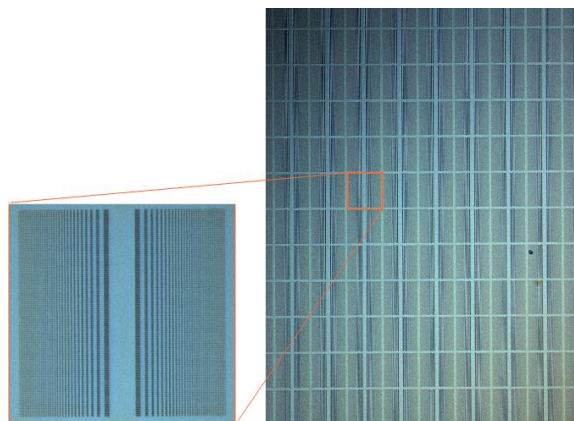


Abb. 5: Ergebnisse einer flächigen Abformung der DOE mit Hilfe des SCIL Verfahrens.

4 Ergebnisse und Zusammenfassung

Die ersten Ergebnisse, die mit den beschriebenen DOE und zugehörigem Herstellungsverfahren erzielt wurden, zeigen die gewünschten Effekte. Ein flächiger Farbeindruck mit leuchtenden Spektralfarben ist zu beobachten, die Farben ändern sich bei Veränderung der Beleuchtungs- bzw. Beobachtungsposition (Abbildung 6).



Abb. 6: Farbig leuchtende DOE Struktur, die mit dem beschriebenen Verfahren hergestellt wurde. Die winkelabhängige Änderung des Farbeindrucks und die flächige Darstellung sind gut zu erkennen.

In weiteren Arbeiten soll durch mehrfache Abformung von Masterstempeln auf Zwischenstempel ein schneller Zuwachs von strukturierbarer Fläche erreicht werden und auch eine vereinfachte Erstellung von entworfenen Darstellungen ermöglicht werden.

5 Danksagung

Wir danken I. Kommallein, D. Gutermuth, J. Krumpolz, M. Bartels, T. Pfau, W. Scholz für technische Unterstützung und hilfreiche Diskussionen. Insbesondere danken wir A. Albrecht für die durchgeführten Arbeiten mit Nanoimprint und SCIL Verfahren.

Literatur

- [1] Viereck, V., Li, L., Jäkel, A., Hillmer, H.: "Großflächige Anwendung von optischen MEMS: Mikrospiegel-Arrays zur Tageslichtlenkung." *Photonik* **2**, 28-29 (2009)
- [2] Lochbihler, H.: "Colored images generated by metallic sub-wavelength gratings," *Opt. Express* **17**, 12189-12196 (2009)
- [3] <http://www.holopro.de/de/produkte/holosign.html>
- [4] <http://www.holonet.khm.de/>
- [5] Ji, R., Hornung, M., Verschuuren, M., van de Laar, R., van Eekelen, J., Plachetka, U., Moeller, M., Moormann, C.: "UV enhanced Substrate Conformal Imprint Lithography (UV-SCIL) Technique for Photonic Crystals Patterning in LED Manufacturing." *Microelectronic Engineering* **87**, 963-967 (2009)